

普通高等教育“十一五”规划教材  
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



DIANZI JISHU

# 电子技术

(高等学校分层教学B)

罗映红 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

8120

普通高等教育“十一五”规划教材  
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



DIANZI JISHU

# 电子技术

( 高等学校分层教学B )

主 编 罗映红  
编 写 陶彩霞 赵 霞  
主 审 王建华 陈小强



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材,是面向理工科非电专业分层教学的电工学系列教材(共4本)中的一本。

全书共分为9章,主要包括常用半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源、电力电子技术、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与整形、大规模集成电路等。

本书可作为高等理工科非电专业分层教学用书,也可供高等理工科各非电类专业一般电工学课程使用,并可作为有关科技、工程技术人员的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

电子技术:高等学校分层教学.B/罗映红主编.一北京:  
中国电力出版社,2010

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-9731-3

I. ①电… II. ①罗… III. ①电子技术—高等学校—  
教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第205996号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://jc.cepp.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2009年12月第一版 2009年12月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 17.25印张 419千字

定价 27.60元

## 敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 电子电气基础课程教材编审委员会

主任委员 王志功 东南大学

副主任委员 张晓林 北京航空航天大学 胡敏强 东南大学

王泽忠 华北电力大学 戈宝军 哈尔滨理工大学

马西奎 西安交通大学 刘新元 北京大学

孟 桥 东南大学

秘书长 李兆春 中国电力出版社

委员 (按姓氏笔画排列)

于守谦 北京航空航天大学 公茂法 山东科技大学

王 殊 华中科技大学 王万良 浙江工业大学

王小海 浙江大学 王建华 西安交通大学

王松林 西安电子科技大学 邓建国 西安交通大学

付家才 黑龙江科技学院 刘润华 中国石油大学(华东)

刘耀年 东北电力大学 朱承高 上海交通大学

宋建成 太原理工大学 张正平 贵州大学

张彦斌 西安交通大学 李 承 华中科技大学

李 青 中国计量学院 李 琳 华北电力大学

李守成 北京交通大学 李国丽 合肥工业大学

李哲英 北京联合大学 李晓明 太原理工大学

李晶皎 东北大学 杨 平 上海电力学院

陈后金 北京交通大学 陈庆伟 南京理工大学

陈意军 湖南工程学院 陈新华 山东科技大学

宗 伟 华北电力大学 范蟠果 西北工业大学

段哲民 西北工业大学 段渝龙 贵州大学

|     |          |     |          |
|-----|----------|-----|----------|
| 胡虔生 | 东南大学     | 赵旦峰 | 哈尔滨工程大学  |
| 赵荣祥 | 浙江大学     | 唐庆玉 | 清华大学     |
| 徐淑华 | 青岛大学     | 袁建生 | 清华大学     |
| 郭陈江 | 西北工业大学   | 高会生 | 华北电力大学   |
| 崔翔  | 华北电力大学   | 梁贵书 | 华北电力大学   |
| 曾孝平 | 重庆大学     | 曾建唐 | 北京石油化工学院 |
| 韩璞  | 华北电力大学   | 韩学军 | 东北电力大学   |
| 雷银照 | 北京航空航天大学 |     |          |

## 序

进入 21 世纪，“985 工程”和“211 工程”的实施，推动了高水平大学和重点学科的建设，在高校中汇聚了一大批高层次人才，产生了一批具有国际先进水平的学术和科学技术研究成果。然而高校规模的超高速增大，导致不少学校的专业设置、师资队伍、教材资源和教学实验条件不能迅速适应发展需要，教学质量问题日益突现。高校教材，作为教学改革成果和教学经验的结晶，其质量问题自然备受关注。

需要指出的是，很多高等学校教材经过多年的教学实践检验，已经成为广泛使用的精品教材。同时，我们也应该看到，现用的教材中有不少内容陈旧、未能反映当前科技发展的最新成果，不能满足按新的专业目录修订的教学计划和课程设置的需要。这就要求我们的高等教育教材建设必须与时俱进、开拓创新，在内容质量和出版质量上均有新的突破。

根据教育部教高司 2003 年 8 月 28 日发出的 [2003] 141 号文件，在教育部组织下，历经数年，2006~2010 年教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会按照教育部的要求，致力于制定专业规范或教学质量标准，组织师资培训、教学研讨和信息交流等工作，并且重视与出版社合作，编著、审核和推荐高水平电子电气基础课程教材。

“电工学”、“电路”、“信号系统”、“电子线路”、“电磁场”、“自动控制原理”、“电机学”等电子电气基础课程是许多理工院校的先修课程，也是电子科学与技术、电气工程及其自动化等专业学科的基石，在科学研究领域和产业应用中发挥着极其重要的作用。此类教材的编写，应提倡新颖的立意，“适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼”的编写风格，以百花齐放的形式和较高的编写质量来满足不同学科、不同层次的师生的教学要求。

本电子电气基础课程教材编审委员会即是基于此目的而设立的，希望能够鼓励更多的优秀教师参与其中，为高质量教材的编写和出版贡献出聪明才智和知识经验。

2009 年 10 月于东南大学

# 前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神，加强教材建设，确保教材质量，中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校，满足学科发展和人才培养的需求，坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

教育大众化时代的到来，是我国高等教育发展的现实，在高等教育大众化进程中，高校招生规模的不断扩大，使得高等教育资源及质量受到数量扩张的严重冲击；学生的学习态度、学习能力、学习效果的分化越来越显著，个性化趋势日渐明显。同时，社会的飞速发展，对大学生素质的要求呈现出多元化、多层次的趋势。因此，对高校本科生进行分层次教学改革势在必行。

高校分层教学就是要改变忽视学生的个性差异，忽视学生对教学方法、教学内容的不同需求的现状，面向全体学生，使得不同的人学习不同的课程内容，得到不同的发展要求。

以人为本，树立科学发展观，在教育教学方法上因材施教是我校近两年教学方法改革的重点。将分层次教育推广到量大面广的专业基础课是学校教学改革创新举措，对学校教学改革与发展将具有巨大的推动作用。该系列教材正是在这样的前提下组织编写的。

整套教材共分四本：《电工技术 A》、《电工技术 B》、《电子技术 A》、《电子技术 B》。其中《电工技术 B》与《电子技术 B》面向 B 层（基础层）学生。按理工科类本科专业基础课程教学基本要求，注重专业课程的基础知识和基本技能的教学，使学生系统掌握基本知识和基本技能，进行一定的思维训练，教师除了注重激发学生的学习兴趣与学习积极性外，还要指导学生形成良好的学习习惯和有效的学习方法，为他们创造提高学习质量的条件，使他们能利用所学知识解决一些基本问题，而且能够把所学方法迁移到专业课以及以后的工作中，为后继课程的学习及成为具有较高素质的应用型工程技术人才打下良好的基础。本书就是围绕以上宗旨进行编写的。参编人员都是在教学第一线工作多年的教师，有着丰富的教学与实践经验。

本书注重以下 5 方面的问题：①保证基础，加强概念，培养思路；②精选内容，主次分明，详略得当；③面向更新，联系实际，理论与实践并重；④问题分析深入浅出，文字叙述通俗易懂，图文并茂，例题精选，便于自学；⑤理论知识以够用为目的，重点加强实际应用。考虑到当前电子技术飞速发展、日益更新的趋势，本书加强了新技术的内容，精选附录，尤其突出集成电路芯片引脚及应用方面的介绍。此外，本书每章后都结合所学理论，列举几个与实际生活密切相关的实例，旨在培养学生理论联系实际、解决实际问题的能力。

本书由罗映红主编，负责全书的策划、组织、统稿和定稿，并编写了第 1、2、6 章。参加编写的有陶彩霞（第 3、4、5 章）、赵霞（第 7、8、9 章）。

本书由西安交通大学王建华教授和兰州交通大学陈小强教授主审，他们以严谨的科学态度、高度负责的精神作了认真的审阅，并提出了许多宝贵意见和修改建议；另外，在教材编

写过程中，参考了大量优秀教材，受益匪浅；同时，兰州交通大学自动化与电气工程学院电工学教研室全体老师们为本书的编写给予了大力支持。在此，一并致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，加之时间比较仓促，书中不妥和疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

**编 者**

2009 年 10 月



# 目 录

序

前言

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第1章 常用半导体器件      | 1   |
| 1.1 半导体的基础知识     | 1   |
| 1.2 半导体二极管       | 4   |
| 1.3 稳压管          | 9   |
| 1.4 晶体三极管        | 12  |
| 1.5 场效应晶体管       | 21  |
| 1.6 光电器件         | 28  |
| 1.7 应用举例         | 31  |
| 本章小结             | 31  |
| 习题               | 32  |
| 第2章 基本放大电路       | 37  |
| 2.1 放大器概述        | 37  |
| 2.2 共射极放大电路      | 39  |
| 2.3 共集电极放大电路     | 50  |
| 2.4 场效应管放大电路     | 53  |
| 2.5 多级放大电路       | 56  |
| 2.6 差分放大电路       | 60  |
| 2.7 功率放大器        | 63  |
| 2.8 应用举例         | 66  |
| 本章小结             | 67  |
| 习题               | 68  |
| 第3章 集成运算放大器      | 74  |
| 3.1 集成运算放大器概述    | 74  |
| 3.2 放大电路中的负反馈    | 77  |
| 3.3 运算放大器的线性应用   | 85  |
| 3.4 运算放大器的非线性应用  | 98  |
| 3.5 集成运算放大器的应用举例 | 104 |
| 本章小结             | 106 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 习题                    | 107 |
| <b>第4章 直流稳压电源</b>     | 112 |
| 4.1 整流电路              | 112 |
| 4.2 滤波电路              | 117 |
| 4.3 直流稳压电源            | 120 |
| * 4.4 开关型稳压电源         | 123 |
| * 4.5 不停电电源 (UPS)     | 126 |
| 本章小结                  | 126 |
| 习题                    | 126 |
| <b>第5章 电力电子技术</b>     | 129 |
| 5.1 电力电子器件            | 129 |
| 5.2 可控整流电路            | 133 |
| 5.3 交流调压电路            | 136 |
| 5.4 逆变器               | 138 |
| 本章小结                  | 140 |
| 习题                    | 140 |
| <b>第6章 组合逻辑电路</b>     | 141 |
| 6.1 数字电路基础            | 141 |
| 6.2 逻辑代数基础            | 144 |
| 6.3 逻辑代数的表示与化简        | 150 |
| 6.4 集成门电路             | 160 |
| 6.5 组合逻辑电路分析与设计       | 168 |
| 6.6 应用举例              | 187 |
| 本章小结                  | 188 |
| 习题                    | 190 |
| <b>第7章 时序逻辑电路</b>     | 196 |
| 7.1 触发器               | 196 |
| 7.2 时序逻辑电路的分析         | 204 |
| 7.3 常用时序逻辑电路          | 209 |
| 7.4 应用举例              | 224 |
| 本章小结                  | 226 |
| 习题                    | 226 |
| <b>第8章 脉冲波形的产生与整形</b> | 231 |
| 8.1 概述                | 231 |
| 8.2 555 定时器及其应用       | 232 |

8.3 应用举例 ..... 237

本章小结..... 238

习题..... 239

**第 9 章 大规模集成电路**..... 241

9.1 模拟量和数字量的相互转换 ..... 241

9.2 可编程逻辑器件 ..... 244

9.3 应用举例 ..... 249

本章小结..... 252

习题..... 252

**附录 A 半导体分立器件命名方法及性能参数表** ..... 254

**附录 B 半导体集成电路型号命名方法及性能参数表** ..... 257

**部分习题参考答案**..... 260

**参考文献**..... 264

## 第1章 常用半导体器件

电子技术研究的是电子器件及由电子器件构成的电子电路的应用。半导体器件是构成各种分立、集成电子电路最基本的元器件。随着电子技术的飞速发展，各种新型半导体器件层出不穷。了解和掌握各种半导体器件是学习电子技术的基础。

### 1.1 半导体的基础知识

#### 1.1.1 半导体材料的导电性能

物质按导电能力的不同，可分为导体、半导体和绝缘体三类。半导体的导电能力介于导体和绝缘体之间，典型的半导体有硅、锗、硒、砷化镓（GaAs）等。值得注意的是半导体的导电能力在不同条件下有很大的差别。这是由它的内部原子结构和原子结合方式所确定的。一种物质能否导电要看其内部有无可以自由移动的带电粒子，这种带电粒子称为载流子。下面简述半导体的原子结构和载流子的形成。

##### 1. 本征半导体

本征半导体是化学成分纯净的半导体。常用的半导体材料是硅和锗，它们在元素周期表上都是四价元素。纯净的半导体具有晶体结构（所以由半导体构成的管件也称晶体管）。在它们的晶体结构中，原子排列整齐，且每个原子的4个价电子与相邻的4个原子所共有，构成共价键结构，如图1-1所示。它使得每个原子最外层具有8个电子而处于较为稳定的状态。但共价键中的价电子在获得一定能量（温度升高或受光照）后，可挣脱共价键的束缚成为自由电子。与此同时，在这些自由电子原有的位子上就留下相对应的空位置，称为空穴。空穴因失去一个电子而带正电，如图1-2所示。带正电的空穴会吸引附近的电子来填补这个空位而产生新的空穴，如此下去，就好像空穴在运动，这就是所谓的空穴运动。自由电子和空穴两种载流子的同时存在，是半导体与导体的根本区别所在。

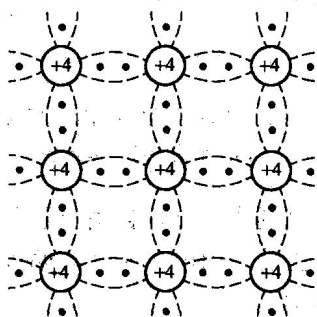


图 1-1 本征半导体的共价键结构

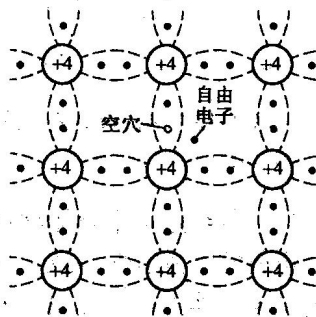


图 1-2 本征半导体中的自由电子和空穴

##### 2. 杂质半导体

本征半导体中虽然有自由电子和空穴两种载流子，但数量极少，导电能力很差。如果在

其中掺入微量的杂质（某种合适的元素），其导电能力将大大提高。根据所掺入的杂质不同，杂质半导体可分为N型半导体和P型半导体两大类。

(1) N型半导体。如在本征半导体硅或锗中掺入磷、砷五价元素，在晶体中的某些硅原子位置被磷原子取代，由于这类元素的原子最外层有五个价电子，其中四个和相邻的硅原子构成共价键结构，多余的一个价电子因不受共价键的束缚，容易挣脱磷原子核的吸引而成为自由电子，如图1-3(a)所示。这样半导体中自由电子的浓度大大增加，导电能力大大加强。这类半导体主要靠自由电子导电，称为电子半导体，简称N型半导体，其中自由电子为多数载流子，而热激发形成的空穴为少数载流子。

由于每个磷原子都给出一个电子，这样磷原子就成了不能移动的带一个单位正电荷的离子，因此N型半导体可以用图1-3(b)来表示，其中“ $\oplus$ ”代表磷原子，“ $\cdot$ ”代表多余电子。

(2) P型半导体。如在本征半导体硅或锗中掺入硼、铝等三价元素，在晶体中的某些硅原子位置被硼原子取代，由于这类元素的原子最外层有三个价电子，与相邻的硅原子构成共价键时，产生一个空穴，这个空穴可以吸引外来电子来填补，如图1-4(a)所示。这样半导体中空穴的浓度大大增加，导电能力也大大加强。这类半导体主要靠空穴导电，称为空穴半导体，简称P型半导体，其中空穴为多数载流子，而热激发形成的电子为少数载流子。

由于每个硼原子都提供一个空穴，这样硼原子就成了不能移动的带一个单位负电荷的离子，因此P型半导体可以用图1-4(b)来表示，其中“ $\ominus$ ”代表硼原子，“ $\circ$ ”代表多余空穴。

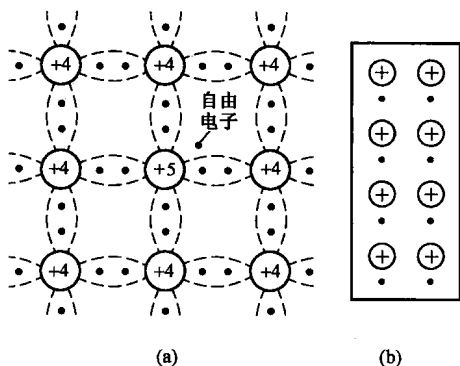


图1-3 N型半导体结构及其表示法  
(a) 结构；(b) 表示法

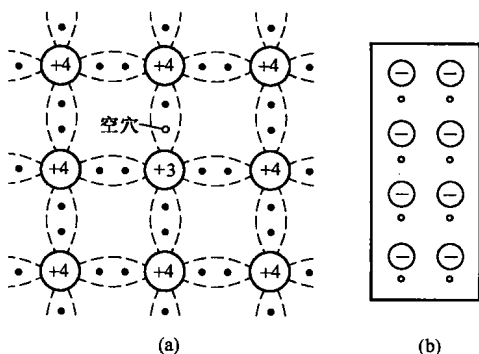


图1-4 P型半导体结构及其表示法  
(a) 结构；(b) 表示法

由上述可知，若给这种半导体材料外加电压，在外电场作用下，自由电子和空穴分别按反方向运动，构成的电流方向一致，所以半导体中的电流是自由电子和空穴两种载流子的运动形成的。这是半导体导电与金属导电机理上的本质区别。

半导体在现代科学技术中应用非常广泛，这是因为它有如下特性：

1) 热敏性。环境温度越高，产生的自由电子和空穴对越多，半导体的导电能力就越强。利用这种特性可制作各种热敏元件，如热敏电阻等。

2) 光敏性。有些半导体（如镉、铅等的硫化物和硒化物）受到光照时，它们的导电能

力随之变强。利用这种特性可制作各种光敏器件，如光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管、光控晶闸管和光电池等。

3) 掺入微量杂质对半导体的导电能力的影响。如果在纯净半导体中掺入某些微量杂质，其导电能力可增加几十万倍乃至几百万倍。利用这种特性可制作各种半导体器件。

除上述特性外，有些半导体还具有压敏、气敏、磁敏等特性，利用这些特性。可以制造非常有用的压敏、气敏、磁敏器件。

### 1.1.2 PN 结及其单向导电性

#### 1. PN 结的形成

用特殊工艺在同一块半导体晶片上制成 P 型半导体和 N 型半导体两个区域，由于 P 区空穴浓度大，N 区电子浓度大，因而会发生扩散现象。多数载流子扩散到对方区域后被复合而消失，在交界面的两侧分别留下不能移动的正负离子，呈现出一个空间电荷区。这个空间电荷区就称为 **PN 结**。因为在空间电荷区内缺少载流子，故又将它称为耗尽层。同时正、负离子将产生一个方向由 N 区指向 P 区的电场，称为内电场。内电场对多数载流子的扩散运动起阻碍作用，而那些做杂乱无章运动的少数载流子在进入 PN 结内时，在内电场作用下，必然会越过交界面向对方区域运动。这种少数载流子在内电场作用下的运动称为漂移运动。在无外加电压的情况下，最终扩散运动和漂移运动达到动态平衡，PN 结的宽度保持一定而处于相对稳定状态。如图 1-5 所示。

PN 结两边既然带有正、负电荷，这与极板带电时的电容器的情况相似。PN 结的这种电容称为**结电容**。结电容的数值不大，只有几个 pF。工作频率不高时，容抗很大，可视为开路。

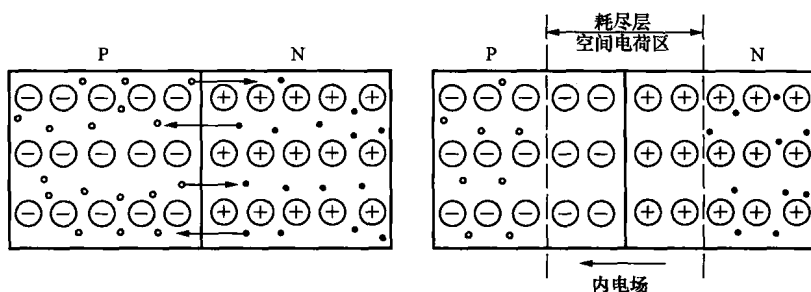


图 1-5 PN 结的形成

#### 2. PN 结的单向导电性

如果在 PN 结两端加上不同极性的电压，PN 结便会呈现出不同的导电性能。PN 结上所加电压称为偏置电压。

(1) 外加正向电压。PN 结外加正向电压即 PN 结正向偏置，是指将外电源的正极接 P 区，负极接 N 区，如图 1-6 所示。这时由于外电场与内电场的方向相反，因此扩散与漂移运动的平衡被破坏。外电场驱使 P 区的空穴和 N 区的自由电子分别由两侧进入空间电荷区抵消一部分空间电荷，使整个空间电荷区变窄，内电场被削弱，多数载流子的扩散运动增强，形成较大的扩散电流（正向电流）。由于外电源不断向半导体提供电荷，使该电流得以维持。这时 PN 结所处的状态称为正向导通。正向导通时，PN 结的正向电流大，结

电阻小。

(2) 外加反向电压。PN 结外加反向电压即 PN 结反向偏置, 是指将外电源的正极接 N 区, 负极接 P 区, 如图 1-7 所示。这时由于外电场与内电场的方向相同, 同样也破坏了原来的平衡, 使得 PN 结变厚, 扩散运动难以进行, 漂移运动却被加强。但由于少数载流子浓度很小, 故由少数载流子漂移形成的反向电流很微弱。这时 PN 结所处的状态称为反向截止。反向截止时, PN 结的反向电流小, 结电阻大, 且温度对反向电流影响很大。

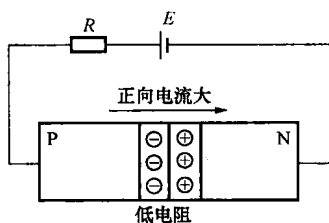


图 1-6 PN 结正向偏置

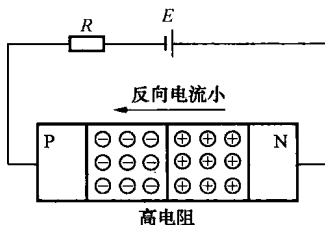


图 1-7 PN 结反向偏置

### 【思考与练习】

1. P 型半导体中空穴是多数载流子, 因而 P 型半导体带正电; N 型半导体中电子是多数载流子, 因而 N 型半导体带负电。这种说法是否正确?
2. 为什么说扩散运动是多数载流子的运动? 漂移运动是少数载流子的运动?
3. PN 结为什么具有单向导电性?
4. 为什么温度对反向电流影响很大?

## 1.2 半导体二极管

### 1.2.1 基本结构

几种常见的二极管外形如图 1-8 所示。

在 PN 结两端各接上一条引出线, 再封装在管壳里就构成了半导体二极管。P 型区一端称为阳极, N 型区一端称为阴极, 二极管的图形符号如图 1-9 (d) 所示。二极管有很多类型, 按材料的不同可分为硅二极管和锗二极管; 按 PN 结构成形式不同又可分为点接触型、面接触型和平面型等三类。

(1) 点接触型二极管。其结构如图 1-9 (a) 所示, 其特点是 PN 结的结面积小, 因而结电容很小, 适用于小电流高频 (可达几百兆赫) 电路, 但不能承受高的反向电压, 主要用于高频检波和开关电路。

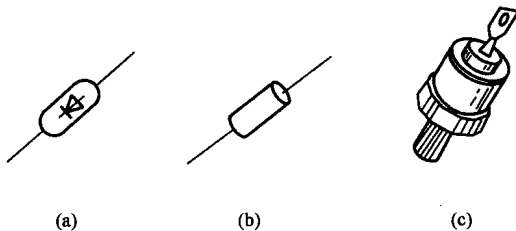


图 1-8 几种常见的二极管外形

(a) 玻璃封装; (b) 塑料封装; (c) 金属封装

(2) 面接触型二极管。其结构如图 1-9 (b) 所示, 其特点是结面积大, 允许通过较大的电流, 但结电容较大, 适用于低频整流电路。

(3) 平面型二极管。其结构如图 1-9 (c) 所示, 其特点是结面积较大时, 能通过较大

的电流,适用于大功率整流电路;结面积较小时,结电容较小,工作频率较高,适用于开关电路。

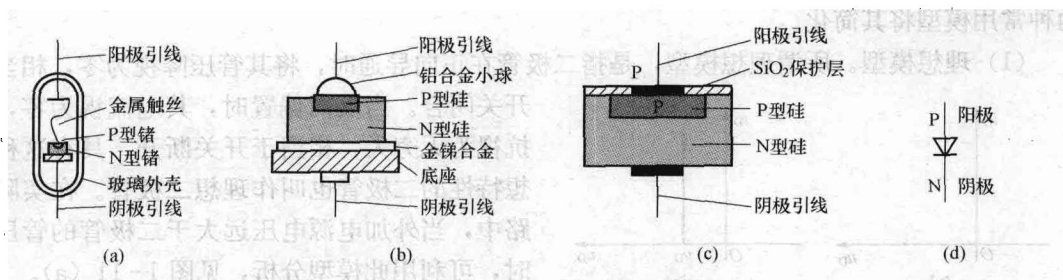


图 1-9 半导体二极管的结构和符号

(a) 点接触型; (b) 面接触型; (c) 平面型; (d) 电路符号

### 1.2.2 伏安特性

二极管内部是一个 PN 结,因此它一定具有单向导电性,其伏安特性如图 1-10 所示。

#### 1. 正向特性

当二极管承受正向电压很低时,还不足以克服 PN 结内电场对多数载流子运动的阻碍作用,故这一区段二极管的正向电流很小,称为死区 (OA 段)。通常,硅二极管的死区电压约为 0.5V,锗二极管的死区电压约为 0.2V。当二极管的正向电压超过死区电压后,PN 结内电场被削弱,正向电流明显增加,并且随着正向电压增大,电流迅速增大,二极管的正向电阻变得很小,当二极管充分导通后,其正向电压基本保持不变,称为正向导通电压。普通硅二极管的导通电压为 0.6~0.7V,锗二极管的导通电压为 0.2~0.3V,当电流较小时取下限值,当电流较大时取上限值。

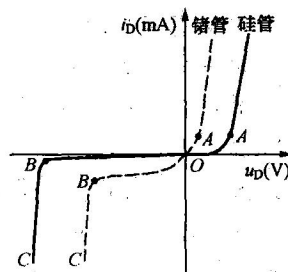


图 1-10 半导体二极管的伏安特性

#### 2. 反向特性

二极管承受反向电压时,由于少数载流子的漂移运动,形成很小的反向电流 (OB 段)。反向电流有以下两个特点:

(1) 它随温度的上升增长很快。

(2) 在一定反向电压范围内,反向电流与反向电压大小无关,基本保持恒定,故称为反向饱和电流。

一般硅二极管的反向饱和电流比锗管小,前者在几微安以下,而后者可达数百微安。

#### 3. 击穿特性

当外加反向电压过高时,反向电流将突然增大 (BC 段),二极管失去单向导电性,这种现象称为反向击穿。发生击穿的原因是在强电场力作用下,原子最外层的价电子被强行拉出来,使载流子的数目大量增加,在强电场中获得足够能量的载流子高速运动将其他价电子撞击出来,这种撞击的连锁反应形成电子崩,使二极管中的电子与空穴数急剧上升,反向电流越来越大,最后使二极管反向击穿。产生击穿时加在二极管上的反向电压称为反向击穿电压。

4. 二极管等效模型

二极管是一个非线性器件，一般采用非线性电路的分析方法。但在近似计算时可用以下两种常用模型将其简化。

(1) 理想模型。所谓理想模型，是指二极管在正向导通时，将其管压降视为零，相当于

开关闭合。当反向偏置时，其电流视为零，阻抗视为无穷大，相当于开关断开。具有这种理想特性的二极管也叫作理想二极管。在实际电路中，当外加电源电压远大于二极管的管压降时，可利用此模型分析，见图 1-11 (a)。

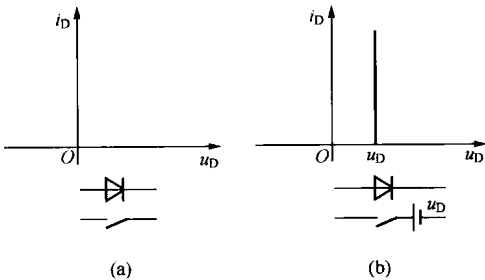


图 1-11 半导体二极管的等效模型  
(a) 理想模型；(b) 恒压降模型

(2) 恒压降模型。所谓恒压降模型，是指二极管在正向导通时，将其管压降视为恒定值，硅管的管压降约为 0.7V，锗管的管压降约为 0.3V，在实际电路中，此模型应用非常广泛，见图 1-11 (b)。

1.2.3 主要参数

二极管的参数是正确选择和使用二极管的依据。其主要参数有：

1. 最大整流电流  $I_F$

最大整流电流是指二极管长期使用时，允许流过二极管的最大正向平均电流。实际工作时，管子通过的电流不应超过这个值，否则将因 PN 结过热而损坏。

2. 最大反向工作电压  $U_R$

最大反向工作电压是保证二极管不被击穿所允许的最高反向电压。为安全起见，一般为反向击穿电压的 1/2 或 2/3。点接触型二极管的最大反向工作电压一般为数十伏，面接触型可达数百伏。

3. 最大反向电流  $I_R$

最大反向电流是指二极管加上最大反向工作电压时的反向电流。反向电流大，则二极管的单向导电性差，且受温度影响大。硅管的反向电流小，一般在几个微安以下；锗管的反向电流较大，是硅管的几十到几百倍。

4. 最高工作频率  $f_M$

最高工作频率是指二极管正常工作时的上限频率，超过此值时，由于二极管结电容的影响，二极管的单向导电性能变差。

表 1-1 列出了几种半导体二极管的典型参数。

表 1-1 半导体二极管的典型参数

| 参数<br>型号 | 最大整流电流<br>$I_F$ (mA) | 最高反向电压<br>$U_R$ (V) | 反向电流<br>$I_R$ ( $\mu$ A) | 最高工作频率<br>$f_M$ | 结电容<br>$C_j$ (pF) | 备 注   |
|----------|----------------------|---------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-------|
| 2AP1     | 16                   | 20                  | $\leq 250$               | 150MHz          | $\leq 1$          | 点接触锗管 |
| 2AP2     | 16                   | 30                  | $\leq 250$               | 150MHz          | $\leq 1$          |       |
| 2AP11    | $< 25$               | $< 10$              | $\leq 250$               | 40MHz           | $\leq 1$          |       |
| 2AP12    | $< 40$               | $< 10$              | $\leq 250$               | 40MHz           | $\leq 1$          |       |